

Device for non-contact measuring of stresses in a bar-shaped body

Patent number: JP3503210T

Publication date: 1991-07-18

Inventor:

Applicant:

Classification:

- **International:** G01L3/10; G01L3/10; (IPC1-7): G01L3/10

- **European:** G01L3/10A2

Application number: JP19880507258 19880901

Priority number(s): SE19870003418 19870903

Also published as:

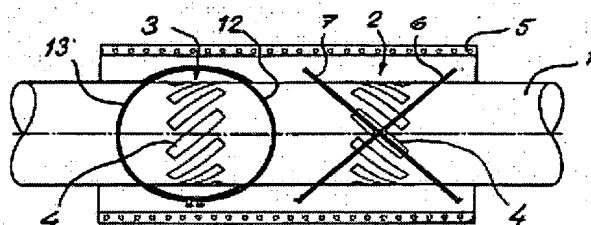
WO8902070 (A1)
EP0379509 (A1)
US5020378 (A1)
EP0379509 (B1)

Report a data error here

Abstract not available for JP3503210T

Abstract of corresponding document: **US5020378**

PCT No. PCT/SE88/00447 Sec. 371 Date Mar. 1, 1990 Sec. 102(e) Date Mar. 1, 1990 PCT Filed Sep. 1, 1988 PCT Pub. No. WO89/02070 PCT Pub. Date Mar. 9, 1989. The invention relates to a device for non-contact measuring of stresses including bending stresses in a bar-shaped body (1), e.g. a cylindrical bar, shaft or the like. In at least one transverse zone (2, 3) the bar (1) is provided with a number of thin strips (4) of an amorphous magnetoelastic material, distributed along the circumference of the zone, said strips (4) being affixed to the circumferential surface of the zone and extending at a pitch angle therealong, a preferably at a pitch angle of 45 DEG. Means (5) are provided for generating a magnetic field over said zone (2, 3) and a pick up coil (6-13) encircling the bar is provided for each zone (2, 3), said pick up coil being connected to a measuring unit (16, 16A) for indicating signals generated in the coil. According to the invention each pick up coil (6-13) encircling the bar (1), which is associated with a strip zone (2, 3), is oriented in relation to the bar (1) in such a manner that the magnetosensitive axis of the pick up coil includes an acute angle, preferably an angle of 45 DEG, with the axis of the bar (1) in the strip zone.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

⑬ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公表 平成3年(1991)7月18日

G 01 L 3/10

A 8803-2F

審査請求 未請求
予備審査請求 有

部門(区分) 6(1)

(全 10 頁)

⑮ 発明の名称 非接触棒形物体の応力測定装置

⑯ 特 願 昭63-507258

⑰ 出 願 昭63(1988)9月1日

⑱ 翻訳文提出日 平2(1990)3月2日

⑲ 国際出願 PCT/SE88/00447

⑳ 国際公開番号 WO89/02070

㉑ 国際公開日 平1(1989)3月9日

優先権主張 ㉒ 1987年9月3日㉓ スウェーデン(SE)㉔ 8703418-7

⑳ 発 明 者 ヘストハマー、トーレ

スウェーデン国、22590 ルンド、トロレス バツケ 3

㉑ 発 明 者 テイレ、カール

スウェーデン国、22376 ルンド、ケムパークレンド 19 ビー

㉒ 出 願 人 アクチボラゲット エス ケイ
エフ

スウェーデン国、415 50 イエーテボリ (番地なし)

㉓ 代 理 人 弁理士 藤 岡 徹

㉔ 指 定 国 AT(広域特許), BE(広域特許), CH(広域特許), DE(広域特許), FR(広域特許), GB(広域特許), IT(広域特許), JP, LU(広域特許), NL(広域特許), SE(広域特許), US

請求の範囲

1. 少なくとも一つの横方向の帯域(2,3)の棒には、アモルファス磁気弾性物質の表面被覆が施してあり、その表面被覆には、前記帯域にそって、好ましくは45°の勾配角度で伸長する方向の前記帯域の内周表面にそって磁気双極子が備えてあり、前記被覆は、前記帯域の前記表面に固定されている多数の薄い条片(4)を含み、好ましくは45°の勾配角度で前記円周表面に伸長し、また前記帯域(2,3)に影響をおよぼすために磁界が設置され、前記棒を囲むビクアップコイル(6から13)は各帯域(2,3)に設置され、前記ビクアップコイルで生じる信号を渡すために、前記ビクアップコイルは測定装置(16,18A)に接続されている円柱、シャフト等の棒形物体(1)の応力を非接触で測定する装置において、

被覆帯域/条片帯域(2,3)に関連している棒(1)を囲む各ビクアップコイル(6から13)は、前記ビクアップコイルの磁気感度軸が、前記被覆帯域/条片帯域の前記棒(1)の軸に対して好ましくは45°の鋭角を含むように、前記棒(1)に関して配設してあることを特徴とする装置。

2. 軸方向に間隔のある二つの帯域(2,3)の前記棒には前記被覆/条片(4)が施してあり、前記二つの帯域の前記勾配角度は、好ましくは45°で等しく、一方の

帯域(2)の勾配方向は、もう一方の帯域(3)の勾配方向と対向し、少なくとも二つの対になっているビクアップコイル(6と7および12と13)は、前記各帯域(2,3)に関連し、一方のコイル(7)の前記磁気感度軸が、前記棒(1)の軸に対して正の鋭角を含み、もう一方のコイル(6)の前記磁気感度軸が、前記棒(1)の軸に対して負の鋭角を含むように、前記棒(1)に関して配設し、前記それぞれの角度の大きさは、前記帯域(2,3)の前記双極子/条片(4)の方向角度とおおむね一致することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の装置。

3. 一方の帯域(2)の前記ビクアップコイルの交点が、もう一方の帯域(3)の前記ビクアップコイルに対応する交点に関して、好ましくは90°の周辺で置き代わるように前記ビクアップコイル(6から13)を配置することを特徴とする請求の範囲第2項記載の装置。

4. 四つで一組のビクアップコイル(6,7,10,11および8,9,12,13)は、前記の各帯域(2,3)に関連し、前記帯域(2)の二つのコイル(6,7)の交点が、同一の帯域(2)の別の二つのコイル(10,11)に関して好ましくは90°の周辺で置き代わるように、前記ビクアップコイル(6から13)を配置することを特徴とする請求の範囲第2項記載の装置。

5. 磁界発生用の前記装置は、励磁源に接続すること

非接触型物体の応力測定装置

のできる励磁コイル(5)を含み、前記励磁コイルは、前記被覆帯域/条片(4)および前記ピックアップコイル(6から13)を囲むことを特徴とする前記の請求の範囲第1項ないし第5項のいずれかの項に記載の装置。

5. 一方の帯域(2)からの信号は、もう一方の帯域(3)からの信号により減少するように前記ピックアップコイル(6から13)を接続して、ねじり応力を測定し、

前記関連する帯域の直径方向に対向する部位で発生する信号は、負符号で互いに加算されるように前記ピックアップコイル(6から13)を接続して、曲げ応力を測定し、さらに

両帯域からの信号は、すべて互いに加算されるようにピックアップコイル(6から13)を接続して軸方向応力を測定し、

ねじり応力、曲げ応力および軸方向応力がそれぞれ別々に測定されるように前記ピックアップコイル(6から13)を接続していることを特徴とする請求の範囲第2項ないし第5項のいずれかに記載の装置。

7. 磁界発生用の前記装置が、前記ピックアップコイル(6から13)を含むことを特徴とする前記請求の範囲第1項から第4項のいずれかの項に記載の装置。

している。また外側の静止励磁コイルは、条片とピックアップコイルを有する帯域を囲み、棒の軸に対して軸方向に伸長している。この励磁コイルは、条片帯域とピックアップコイル上の磁界を発生させるために励磁装置に接続され、またピックアップコイルは、コイルに生じる信号を示すために測定装置に接続している。この測定装置は、アモルファス磁気弾性物質の磁気特性は材料の応力状態により変化するという公知の状態に基づいている。したがって、棒が応力にさらされると、棒に固定してある条片は、応力にさらされると、ピックアップコイルおよび条片の帯域上で磁界が表れると、コイルの内側方向に位置しているアモルファス磁気弾性物質の条片により作動するピックアップコイルで、電流が誘導される。ピックアップコイルからの出力信号は、条片の磁気特性に左右され、またこの特性は条片の機械的な応力の状態により変化する。ピックアップコイルからの信号は、棒に存在する応力を表す。条片の施してある二つのピックアップコイルは対向して直列に接続している。棒が応力にさらされていない時は、結果としてゼロの出力信号になる。棒がねじり応力にさらされる場合には、出力信号が得られ、その信号はトルクの方のみならずねじり応力の規模によって異なる。

上述の先行技術による装置の不利な点は、その装置がねじり応力測定用だけに使用され、測定される棒が

本発明は、円柱棒形、シャフトなどの棒形物体の応力を非接触で測定する装置に関する。

多くの異なる技術分野では、例えば得られる測定値に依り供給速度、供給励磁力などを制御するために、また、構造的な要素、もしくは互いに協力しあう要素、もしくは構造的な要素により作動する工作物が、損傷もしくは好ましくない応力にさらさないために、例えばシャフト、工具などの構造的な要素が、その使用中さらされる応力を、非接触で作動中測定できることが望ましい。

先行技術による一つの装置では、シャフト、ドリルもしくは棒形物体のねじり応力を非接触で測定する装置では、棒には軸方向に間隔のある二つの帯域で、多数のアモルファス磁気弾性物質の薄い条片が施してあり、その条片は関連のある帯域の円周方向に一様に分布している。条片は45°の勾配角度で周辺表面に固定され、一方の帯域の勾配方向は、もう一方の帯域の勾配方向に対応している。棒は静止ピックアップコイルと外側の静止励磁コイルに囲まれている。巻線図数の等しいピックアップコイルは、各帯域に設置され、各ピックアップコイルは、棒の軸に直角になる面に伸長

さらされる可能性のある曲げ応力もしくは軸方向応力には使用できないことである。したがって棒がさらされる曲げ応力によって、ピックアップコイルに出力信号の結果が表れない。棒が軸方向応力にさらされる場合にも、ゼロ出力信号となる。

先行技術による装置の別の不利な点は、ピックアップコイルから得られる信号の強さが、比較的低いことである。これはアモルファス磁気弾性物質の条片が、ピックアップコイルの面に直角に伸長していない(条片はコイル面に対して角度を含んでいる)ことによる。したがって先行技術による装置は、コイルに関して棒の軸方向変位に割合に敏感である。

別の先行技術によるトルク計は、上述の方法に対応し、薄いアモルファス磁気弾性物質の条片を有する二つの帯域を含み、棒を囲む二つのピックアップコイルは、二つのピックアップヘッドに置き代わっている。各ピックアップヘッドは、コイルのあるU字形鉄心を有する。ピックアップヘッドはシャフトの軸に45°傾斜して表面の近くに位置している。ピックアップヘッドのコイルは対向して直列に接続されている。棒が荷重にさらされていない時、結果としてゼロ出力信号となる。棒がねじり応力にさらされると、出力信号が得られ、その信号はトルクの方のみならずねじり応力の規模によって異なる。

さらにこの装置の不利な点は、棒の曲げ応力およ

び／または軸方向応力がゼロ信号を発生する間だけ、ねじり応力を測定することが可能なことである。

二等目の先行技術による装置の別の不利な点は、使用するピックアップヘッドが、ピックアップヘッドと棒の表面の間隔の変化に極めて敏感なことである。したがって装置は、測定中の棒の半径方向の変化および半径方向の運動に極めて敏感である。

本発明の目的は、上記で説明したアモルファス磁気弾性物質の薄い条片を使用し、その条片は測定する物体の表面に固定され、応力が機械的な応力状態の変化を引き起こし、さらに条片の磁気特性は、その条片の位置している一つ以上の帯域内の測定物体を囲むピックアップコイルにより検知される種類の装置を提供することにある。その装置により接触することなく、軸方向応力のみならずねじり応力および曲げ応力も測定することが可能となり、測定時の信号強度は先行技術による装置の場合よりも高い。このようにすることにより測定時の信頼性が増し、妨害に対する感度が減少する。本発明の目的はまた、測定する物体を囲むピックアップコイルを使用して、接触なしに応力を測定することが可能であり、測定時に物体の運動により生ずる妨害に対してかなり低い程度で影響を受ける装置を提供することにある。

本発明の重要な目的は、応力がねじれ、曲げもしくは軸方向の原因によるかにかかわらず、応力を測定す

クアップコイルの相互接続を三つの異なる方法で示している。

第3図(B)は、棒がさらされる異なる種類の応力を同時に示すことが可能な信号処理装置のブロック図である。

第4図は、二つの条片帯域および各条片帯域に関する四つのピックアップコイルを有する実施態様を示す。

第5図は、正方形の断面形状の棒形物体の曲げ応力を、接触なしで測定する本発明の装置を示す。

第1図および第1図(A)では、円柱棒1で応力を測定するために本発明装置を使用している説明に役立つ実施態様を線図で表している。帯域2の棒1には、アモルファス磁気弾性物質の多数の薄い条片4が施してある。その物質は周辺方向の円周にそって一様に分布している。条片4は棒1の周辺表面に、接着剤、溶接もしくは対応する接着方法で固定している。条片4はまた棒1の表面にボツボツと飛んでいることもある。条片4は周囲にそって45°の勾配角度で伸長する。ピックアップコイル6は帯域2に対し、棒1の外側に固定して取り付けられ、棒を囲んでいる。ピックアップコイル6は、棒1の軸の面に、およそ45°で伸長する。図で示されている棒1の回転場所では、棒の条片4のはコイル6の面に直角に伸長し、その条片に直径方向で対向している条片は、コイル面に伸長してい

ることができただけでなく、取巻きの応力を区別することができる。上述の種類の装置を提供することである。

これまで述べてきた目的は、後に続く請求の範囲の実施態様により達成する。

添付の図面に示されている実施態様を参照にして本発明を以下に説明する。

第1図は、円柱棒形物体の応力を接触なしで測定する本発明の装置を最も簡単な実施態様としてその概要を示す。

第1図(A)は、第1図で示されている棒形円柱物体の斜視図であり、その物体にはアモルファス条片が帯域に施され、さらに棒を囲むピックアップコイルを具備している。

第2図は、二つのピックアップコイルを使用している第1図の実施態様の変更例を示す。

第2図(A)は、第2図で示されている棒形物体と棒を囲む二つのピックアップコイルの斜視図である。

第3図は、本発明の装置の好ましい実施態様を示し、この装置は二つの条片帯域を有し、一つの帯域のピックアップコイルはもう一つの帯域に対して90°で回転する。

第3図(A)、第3図(B)および第3図(C)は、ねじり応力(第3図(A))、曲げ応力(第3図(B))、および軸方向応力(第3図(C))を別々に測定するピッ

クアップコイルの相互接続を三つの異なる方法で示している。条片は円柱表面に固定しているもので、その表面の経方向の各条片は螺旋状の域になっている。つまり条片は、その表面の全長に渡って、ピックアップコイル6の面に伸長せず、また直径方向で対向する条片は、ピックアップコイルの面に直角に伸長しない。しかし条片は、棒の直径に関して短いため、条片の両端への片寄りは十分に小さく、結果にはっきりと作用することはない。このようにピックアップコイル6の面に直角に伸長しているとみなされる条片4は、ピックアップコイルの電流に影響をおよぼすが、コイル面に伸長している条片は影響を何らおよぼさない。

棒1の外側には励磁コイル5が固定的に取り付けられ、そのコイルは棒1に関して軸方向に伸長し、ピックアップコイル6だけでなく条片帯域2を囲んでいる。励磁コイル5は、ピックアップコイルと条片帯域の磁界発生用に、図示されていない励磁装置に接続されることがある。ピックアップコイル6は、ピックアップコイルで発生する信号を長ずるために、図示されていない測定装置に接続している。

励磁コイル5がピックアップコイル6および条片帯域2で磁界を発生するために作動すると、まずコイルの作動域に位置しているアモルファス磁気弾性条片4の影響を受けてピックアップコイル6が誘導され、その条件はピックアップコイルの磁気感度軸に平行して伸長する。磁束が最大強度を発生するコイルの方向

に、コイルの磁気感度軸が向く。第1図に示されている例では、磁気感度軸はコイル6の面に直角に伸長している。コイルの磁気感度軸に直角の検出面(第1図の例では、コイル6の面)に伸長している直径的に対向する条片4は、コイルに何ら影響を与えない。棒が無荷重になると、コイルに信号が得られ、その信号は磁気弾性物質のアモルファス条片の磁気特性に依存する。

棒1がトルクにさらされる場合には、棒に応力が得られ、その応力により棒の表面に伸長もしくは圧縮が生じる。棒の表面に固定されたアモルファス条片は、また上記の伸長もしくは圧縮にさらされる。これは条片4の磁気特性の変化の原因になる。この結果コイル6で誘導される電流の大きさもまた変化する。コイル6からこうして得られた信号の変化は、棒1の応力、したがってアモルファス条片4の応力により起こり、その変化はさらに応力に比例する。

棒1が軸方向の応力にさらされる場合は、アモルファス条片4の対応する対応する応力もまた得られる。これはコイル6からの信号の変化により証明され、この種の変化は応力に比例している。棒1が形状面に直角の面で曲げモーメントにさらされる場合は、棒の一方の端のアモルファス条片は、伸長にさらされ、もう一方の正反対の端のアモルファス条片は、圧縮にさらされ、条片の磁気特性が変化する。コイル6

ピックアップコイル6の面に対して90°の角度を含む面に位置している追加的ピックアップ8が関連し、ピックアップコイル8は、ピックアップコイル6に関して周囲を90°回転することだけが第1図と第1図(A)の実施態様と違う。ピックアップコイル8により、条片の応力は、ピックアップコイル6の対応する感度面に90°で交わる面で感知される。棒1が形状面に直角である面で作用する曲げモーメントにさらされる場合は、ピックアップコイル6からの信号は、第1図と第1図(A)に関して説明されているように影響を受ける。棒1が形状面で作用する曲げモーメントにさらされている場合にも、ピックアップコイル8からの信号は対応する方法で影響をうける。曲げモーメントが中間面で作用する場合は、構成物内に分割され二つのピックアップコイル6と8に影響をおよぼす。棒1の軸方向のトルクもしくは力により起こる応力は、ピックアップコイル6と8からの各信号に平等に影響する。

第2図内と第2図(A)内の実施態様は、トルク、軸方向力、もしくは曲げモーメント、ならびに曲げモーメントの方向にかかわらず、棒の応力測定を保障する。

第1図と第1図(A)および第2図と第2図(A)に示されている簡単な実施態様により、測定された応力が、トルク、軸方向力、もしくは曲げモーメントによ

り得られる信号は曲げ応力の大きさに依存して変化し、したがって差は上述の方向で棒がさらされる曲げ応力を証明する。

上述の本発明の簡単な実施態様により、指示されているある方向のトルク、軸方向力もしくは曲げモーメントにより生じる応力にかかわらず棒がさらされている応力を測定することができる。第1図と第1図(A)で示されている簡単な実施態様には、形状面での曲げモーメントは、ピックアップコイル6に影響するアモルファス条片に応力がはっきりする阻害を生じない。したがって、条片の磁気特性の変化が顕著に表れないことに欠点がある。曲げモーメントの影響で、応力を受けやすい条片からのピックアップコイル6での影響は、応力が反対符号を有するので、互に打ち消しあう。形状面の曲げモーメントの影響でコイル6から受ける信号には、したがって顕著な変化がない。前記の欠点にもかかわらず、この簡単な実施態様は以下の場合に使用することができる。つまり棒がさらされる可能性のある荷重が明確に予知できる場合、およびあらかじめ決められている方向の曲げが完全に排除され、棒にかかる荷重技術を知る必要がなく、これにより検出応力が開始された場合である。

第2図と第2図(A)は、アモルファス磁気弾性物質の条片のろを有する単一帯域2を備えている棒1の実施態様を例示する。この実施態様は、条片帯域2に、

り発生したかを決定するのは可能ではないが、測定された応力は、問題になっている荷重が生じるパラメータを制御するのに使用できる。例えば棒1が、駆動軸、工具などから成り立っていると、送り速度、供給駆動電力などは、棒に存在する応力に関して得られる情報に基づいて制御される。したがって軸、工具もしくは工作物に作用する過荷重を防ぐことができる。

本発明の極めて重要な特徴は、コイルの一つ以上の磁気感度軸が、棒の軸に対して鋭角、好ましくは45°の角度を含むように、一つ以上のピックアップコイルが配置されていることである。第1図と第1図(A)および第2図と第2図(A)の実施態様では、ピックアップコイル6と8は、棒の軸に45°の角度で傾斜している面に位置している。磁気感度軸を傾斜させることは、安全に測定する可能性としての前提条件であり、第1図と第1図(A)および第2図と第2図(A)に関して説明した簡単な実施態様により、トルク、曲げモーメント、もしくは軸方向力にかかわらず、棒表面のすべての応力により伸長もしくは収縮が発生する。棒軸に対して45°の好ましい鋭角での、ピックアップコイルの磁気感度軸の配置は、第3図と第3図(A)から第3図(C)で例示してある本発明の装置開発には前提条件である。第3図と第3図(A)から第3図(C)は、棒表面のねじり応力、曲げ応力、および軸応力の測定を保障するだけでなく、応力の区別をする本発明の好まし

い実施態様を例示する。したがって第3図と第3図(A)から第3図(C)に線図で示されている装置により、曲げ応力、ねじり応力および軸応力は別々に測定することができる。第3図(B)のブロック図によつて、信号処理装置として測定装置を構築すると、棒がさらされる異なる種類の応力を同時に表示することができる。図面による好ましい実施態様を以下に説明する。

第3図、第3図(A)、第3図(B)および第3図(C)の好ましい実施態様では、棒は互いに離れている帯域2および3に設置され、アモルファス磁気弾性物質の多数の薄い条片4が棒に施してある。このアモルファス磁気弾性物質は、周囲方向に外周にそって一様に分布している。第1図に関して説明している方法で、条片は棒1の表面に、接着剤、溶接で溶着し、もしくは溶接と飛んでいる。条片4は周囲にそって45°の勾配角度で伸長し、一つの帯域2の勾配方向は、もう一つの帯域3の勾配方向と向かい合っている。二つのビッカースアップコイル6と7は帯域2に関連し、棒1の外側に位置して棒を囲んでいる。ビッカースアップコイル6と7は、互いに直角になる面で伸長し、棒1の軸におよそ45°になる。したがって棒の条片4は、コイル6の面に直角に伸長し、直径方向において向かい合う条片は、コイルの面に伸長する。ビッカースアップコイル6の面に通常伸長すると見なされる条片は、したがっ

て棒1に荷重がなく、励磁コイル5が励磁装置15より交流で供給される場合、同一規模の信号1がすべてのビッカースアップコイルで得られる。つまり、コイル6と7および12と13の信号 I_1, I_2, I_3 および I_4 がそれぞれ得られる。したがって、 $I_1 = I_2 = I_3 = I_4$ となる。

コイル12と13は、直列にコイル6と7に向かい合つて接続しているで、以下の関係が成り立つ、

$$I_1 + I_2 = -(I_3 + I_4) = 0$$

したがって棒1に荷重がない場合には、ゼロ出力信号が得られる。

条片帯域2の条片が伸長し、条片帯域3の条片が圧縮されるような方向のトルクに棒1がさらされている場合は、ビッカースアップコイルの励磁コイル5で発生する信号1は、伸長にさらされている条片の影響で、 $(+\delta I)$ だけ増大し、信号2は、圧縮にさらされている条片の影響で $(-\delta I)$ だけ減少する。

これにより以下の結果が生まれる

$$I_1 = -\delta I + I_2 = -\delta I - (I_3 + \delta I + I_4 + \delta I) = -2\delta I - 2\delta I = -4\delta I$$

出力信号の結果は、したがって $-4\delta I$ である。この信号は、棒1がさらされているねじり応力に比例し、信号の符号は荷重トルクが作用する方向を示す。

図による実施態様の以下の説明で言及する等式では、結果は同じなので、用語1と δI の簡略形を使用

てコイルの電流に影響する。一方コイル面に伸長する条片は、前記電流に影響しない。

同様の方法でビッカースアップコイル12と13は、帯域3に関連しているが、このコイルは二つのコイル6と7に関しておよそ90°回転した周辺方向で置き代わっている。この配置で、互いに直角になっている二つの面に位置している条片4の応力は、測定され、曲げモーメントが作用する面にかかわりなく、曲げ応力の検知が保証される。

第1図と第2図の実施例の通り、励磁コイル5は棒の外側に設置され、このコイルは、棒1に対して軸方向に伸長し、ビッカースアップコイル6、7、12および13ならび条片帯域2と3を囲む。励磁コイル5は、励磁装置15に接続されて、ビッカースアップコイルおよび条片帯域の磁界を発生させることがある。ビッカースアップコイル6と7および12と13は、コイルで発生する信号表示用に測定装置16に接続されている。

第3図(A)は回路図であり、棒1だけに発生するねじり応力を表示するコイルの相互接続を線で示している。条片帯域2を検知するビッカースアップコイル6と7は、位相を合わせて直列に接続している。コイル6と7に関して90°に回転し、条片帯域3を検知するコイル12と13もまた位相で直列に接続している。二つのコイルパッケージ6と7および12と13は、それぞれ直列に向かい合つて接続している。

し完全な式を使用しない。

トルクが代わりに対向する方向で作用する場合は、以下の関係が成り立つ。

$$I_1 + \delta I + I_2 + \delta I - (I_3 - \delta I + I_4 - \delta I) = +4\delta I$$

出力信号の結果は、したがって $+4\delta I$ であり、出力信号の符号は荷重トルクが作用する方向を示す。

第3図(A)によるコイルの接続がねじり応力の測定用に維持され、棒1が第3図の面に直角になっている面の曲げモーメントにさらされると、条片帯域2の実線で示されている条片4は伸長し、直径方向で向かい合う条片は圧縮され、信号1は δI だけ増大し、コイル6の信号2は δI だけ減少する。ビッカースアップコイル6と7に関して90°回転するビッカースアップコイル12と13の信号は、影響を受けない。したがって以下の関係が成り立つ。

$$I_1 + I_2 = (I_3 + \delta I + I_4 - \delta I) = 0$$

出力信号の結果は、したがってゼロである。

曲げモーメントが対向する方向で作用し、また曲げモーメントが代わりに第3図の面で作用しても、同一の結果が得られる。

コイルがねじり応力用に接続され、また棒1が曲げモーメントにさらされている場合は、その結果出力信号は得られない。

コイルの接続がねじり応力測定用に維持され、また棒1が軸方向荷重にさらされている場合、軸方向荷重

が張力荷重か、もしくは圧縮荷重かにより、帯域2と3の条片4はすべて伸長にさらされるか、もしくは圧縮にさらされる。ピックアップコイル6と7および12と13の信号 I は、それぞれ δI だけ増大するか、 δI だけ減少する。コイル6と7および12と13は、対向して直列に接続されているので、出力信号の結果はゼロである。棒1がたとえ軸方向荷重にさらされていても、出力信号はしたがって得られない。

第3図は、棒1だけの曲げ応力を表示する際のコイルの相互接続用の回路図を開示する。コイル6と7は、条片帯域2の上に対向して直列に接続され、また別の測定装置16Aに接続されている。条片帯域3上のコイル12と13は、両端に対向して直列に接続され、また別の測定装置16Bに接続されている。

棒1に荷重がなく助磁コイル5が助磁装置15上で付勢されると、同一信号がコイル6と7および12と13でそれぞれ得られる。コイル6と7および12と13は、それぞれ対向して直列に接続しているため、ゼロ出力信号がコイル6と7および12と13から得られる。以下の信号パターンが得られる。

$$I_6 - I_7 = 0, \quad I_{12} - I_{13} = 0$$

棒1に荷重がない場合には、対になっているピックアップコイル6と7および12と13からの出力信号は、それぞれゼロである。

棒1が第3図の面に直角な面で作用する曲げモーメントにさらされ、第3図に実線で示されている条片4が圧縮にさらされ、さらに直徑方向に対向する条片が伸長にさらされる場合には、以下の関係が成り立つ。

コイル6と7に対して：

$$I_6 + \delta I - (I_7 - \delta I) = +2\delta I;$$

コイル12と13に対して： $I_{12} - I_{13} = 0$

曲げモーメントが同一面だが、対向する方向で作用する場合には、

コイル6と7に対して：

$$I_6 - \delta I - (I_7 + \delta I) = -2\delta I;$$

コイル12と13に対して： $I_{12} - I_{13} = 0$

となる。

棒1が形状面に作用する曲げモーメントにさらされ、コイル12に影響する条片が伸長され、さらにコイル13に影響する条片が圧縮される場合には、

コイル12と13に対して：

$$I_{12} + \delta I - (I_{13} - \delta I) = +2\delta I$$

コイル6と7に対して： $I_6 - I_7 = 0$

曲げモーメントが同一面だが、対向する方向で作用する場合には、

$$\text{コイル12と13に対して: } I_{12} - \delta I - (I_{13} + \delta I) = -2\delta I$$

コイル6と7に対して： $I_6 - I_7 = 0$

となる。

したがって、曲げモーメントは正の、もしくは負の

出力信号を発生し、出力信号の規模は曲げ応力の規模に比例する。どちらのコイルパッケージか、つまりコイル6と7もしくは12と13をよく見るにより、信号が得られ、また曲げモーメントが作用する面の情報をよく見るにより、曲げモーメントの作用する関係のある面での方向に関しての情報を提供する信号の符号が得られことが理解できる。

コイル6と7および12と13が曲げ応力測定用に接続されているが、棒がトルクにさらされている場合には、トルク方向より、一方の条片帯域の条片4は伸長され、もう一方の条片帯域の条片は圧縮される。一方の条片に伸長があると、信号 I は δI だけ増大する原因になり、条片が圧縮されると、信号 I は δI だけ減少する。したがって、

条片帯域2の条片が伸長とすると、

コイル6と7に対して：

$$I_6 + \delta I - (I_7 + \delta I) = 0$$

コイル12と13に対して：

$$I_{12} - \delta I - (I_{13} - \delta I) = 0$$

帯域2の条片が圧縮されると、

コイル6と7に対して：

$$I_6 - \delta I - (I_7 - \delta I) = 0$$

コイル12と13に対して：

$$I_{12} + \delta I - (I_{13} + \delta I) = 0$$

となる。

コイル6と7および12と13が曲げ応力のみの測定用に接続されている場合には、棒のトルクは出力信号に影響しない。

コイル6と7および12と13が曲げ応力の測定に接続され、棒1が軸方向荷重にさらされている場合には、軸方向荷重が張力荷重もしくは圧縮荷重により、条片4に伸長もしくは圧縮が得られる。

張力荷重の場合には、

コイル6と7に対して：

$$I_6 + \delta I - (I_7 + \delta I) = 0$$

コイル12と13に対して：

$$I_{12} + \delta I - (I_{13} + \delta I) = 0$$

となる。

圧力荷重の場合には、

コイル6と7に対して：

$$I_6 - \delta I - (I_7 - \delta I) = 0$$

コイル12と13に対して：

$$I_{12} - \delta I - (I_{13} - \delta I) = 0$$

したがって、コイル6と7および12と13が曲げ応力測定用に接続している場合には、棒の軸方向荷重は出力信号に影響を与えない。

第3図(C)は、軸方向応力だけが測定される際のコイル6、7、12および13の相互接続用の回路図である。コイル6と7および12と13は位相を合わせて直列に相互接続され、さらに第3図(C)からわかるように

共通の測定装置に接続されている。

棒1に荷重がなく、励磁コイル5が励磁装置15により付勢されると、出力信号は測定装置16で得られる。その出力信号は、コイル6と7および12と13でそれぞれ発生した信号の合計に等しい。つまり出力信号は $I_1 + I_2 + I_3 + I_4$ となる。

棒1が軸方向荷重にさらされる場合は、

張力荷重では：

$$I_1 + \delta I_1 - I_2 + \delta I_2 + I_3 + \delta I_3 + I_4 + \delta I_4 \\ = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + 4\delta I$$

となり、

圧縮荷重では：

$$I_1 - \delta I_1 + I_2 - \delta I_2 + I_3 - \delta I_3 + I_4 - \delta I_4 \\ = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 - 4\delta I$$

となる。

棒が軸方向荷重にさらされると、棒に荷重がない時の出力信号の規模と比較して、出力信号は増大もしくは減少する。このような増大もしくは減少の規模は、軸方向荷重の大きさによる。さらに出力信号が増大することは、荷重が張力荷重であり、出力信号規模が減少することは、荷重が圧縮荷重であることを意味する。

コイル6と7および12と13が、軸方向応力測定用に接続され、棒がトルクにさらされている場合には、一方の条片帯域で条片が伸長し、もう一方の条片帯域で

$$I_1 + \delta I_1 + I_2 - \delta I_2 + I_3 + \delta I_3 + I_4 - \delta I_4 = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

曲げ応力はしたがって出力信号に影響を与えない。

曲げ応力が同一面で対向する方向で作用する場合には、

$$I_1 - \delta I_1 + I_2 + \delta I_2 + I_3 + \delta I_3 + I_4 - \delta I_4 = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

面の曲げモーメントの方向にかかわらず、出力信号は影響を受けない。

曲げモーメントが代わりに、第3図の面で作用し、コイル12に影響する条片が、伸長にさらされ、コイル13に影響する条片4が、圧縮にさらされ、さらにコイル6と7に影響する条片帯域2の条片が、張力もしくは圧縮にさらされない場合には、

$$I_1 + I_2 + I_3 + \delta I_3 + I_4 - \delta I_4 = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

となる。

曲げモーメントは出力信号に影響しない。

曲げモーメントが同一面で作用し、コイル13に影響する条片が伸長する間、コイル12に影響する条片帯域3の条片が圧縮される場合には、以下の関係が成り立つ。

$$I_1 + I_2 + I_3 - \delta I_3 + I_4 + \delta I_4 = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

棒1の曲げモーメントは、したがって符号もしくは

条片が圧縮される。コイル6と7および12と13は直列に接続されているので、トルクにより条片帯域2で条片が伸長し、条片帯域3で条片が圧縮されると、以下の関係が成り立つ。

$$I_1 + \delta I_1 + I_2 + \delta I_2 + I_3 - \delta I_3 + I_4 - \delta I_4 \\ = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

棒に荷重がない時に得られる出力信号と同一規模の出力信号が得られる。つまり棒1のねじり応力は、出力信号に影響しない。

代わりにトルクにより、条片帯域2の条片4が圧縮され、条片帯域3の条片が伸長する場合は、

$$I_1 - \delta I_1 + I_2 - \delta I_2 + I_3 + \delta I_3 + I_4 + \delta I_4 \\ = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

となる。

したがって、トルクの方向にかかわらず、出力信号は棒1のねじり応力の影響を受けない。

コイル6と7および12と13が軸方向応力測定用に接続され、棒1が形状面と直角になる面での、ある方向での曲げモーメントにさらされる場合には、コイル6に影響する条片帯域2の条片4は伸長し、帯域2に直交方向に対向する条片は圧縮される。

コイル12および13に影響する条片帯域3の条片は、伸長にも圧縮にもさらされない。

コイル6と7および12と13で発生する信号は、以下の通りである。

方向にかかわらず出力信号に影響を及ぼさない。

コイル6と7および12と13が、第3図(C)で示されているように軸方向応力だけの測定に相互接続されている場合には、棒1のさらされているねじり応力もしくは曲げ応力は、出力信号に影響しない。

軸方向応力を測定し、棒が荷重にさらされていない時に、ゼロ出力信号を得ることが望ましい場合には、励磁コイル5の作動区域内で帯域2と3の外側に、(図では示されていないが)棒を囲むもう一つのコイルを取り付け、このコイルを対向する位置に直列で、もう一つのピックアップコイルに接続させる。励磁コイル5による励磁で、この余分のコイルに信号が発生する。巻線の敗を適宜調整することにより、棒1に荷重がない時に、対向して接続しているピックアップコイル6と7および12と13に発生する出力信号と等しい出力信号を発生するようにコイルが取り付けられている。出力信号の結果は、したがって棒1に荷重がない時にはゼロである。

第3図(D)は外被に囲まれている信号処理装置17のブロック図を開示する。この装置により、棒がさらされている異なる種類の応力を同時に示すことができる。

各ピックアップコイル6と7および12と13は、信号処理装置17に含まれている差動増幅器61,71,121および131にそれぞれ接続され、バッファ62,72,122および

び132を有する増幅器は、それぞれ外面に接続されている。バッファ付差動増幅器から送られる信号は、同一の大きさの三つで組の抵抗器63A, 63B, 63Cと73A, 73B, 73Cと123A, 123B, 123Cと133A, 133B, 133Cとに送られる。各ピックアップコイルからの信号は、信号処理装置内で三つの同等信号に分離される。このことにより信号処理は、存在する軸方向応力、曲げ応力およびねじり応力を同時に示すことができる。

この目的のために信号処理装置は17は、四つの積分器18, 19A, 19Bおよび20を含んでいる。各積分器の出力は復調器21, 22, 23および24におおの接続され、復調器の出力信号は、測定25, 26, 27および28にそれぞれ送られ、各測定装置は信号の結果を示す。

積分器18内で信号が処理され、存在する軸方向応力を示す。抵抗器63A, 73A, 123Aおよび133Aは、このように積分器18に接続され、この積分器内で信号は、互いに加算される。測定装置25で発生する信号の結果により、棒に存在している軸方向応力の状態に関する情報がわかる。

積分器19Aでは、面(Hbx)の曲げモーメントにより発生する存在曲げ応力の測定に、ピックアップコイル12と13に関する信号が処理される。抵抗器123Bは、導線で直接に積分器19Aに接続され、抵抗器133Bは、インバータ29を経由して積分器19Aに接続されている。測定装置26に発生する信号の結果は、したがって面

(Hbx)の曲げモーメントにより発生する曲げ応力に一致する。

同様に抵抗器63Bは、導線で直接に積分器19Bに接続され、抵抗器73Bは、インバータ29を経由して積分器19Bに接続されている。測定装置27に発生する信号の結果は、上述の面に直角の面の曲げモーメント(Hby)による曲げ応力に一致する。

積分器20は信号を処理し、存在するねじり応力を示す。抵抗器63Cと73Cは、おのおのインバータ29を経由して積分器20に接続され、抵抗器123Cと133Cは、直接導線で積分器20に接続されている。測定装置28に発生する信号の結果は、棒がさらされるねじりモーメントに一致する。

信号処理装置17はまた発振器から成り、その発振器は励磁コイルを励磁するために励磁コイル5に接続され、さらに人力側の復調器21, 22, 23および24は、発振器に接続している。

上述の方法の構造になっている信号処理装置では、軸方向応力と、互いに直角になっている面での曲げ応力と、第3図(A)から第3図(C)に関して説明しているねじり応力とを測定するために接続され、応力の異なる種類を同時に示すことができる。したがって、異なる種類の応力を測定するのに手動で、もしくは段階的にコイルを交換する必要がない。

第4図では図による実施態様をさらに開示する。同

図の実施態様は、条片帯域2と3におおの関連する四つのピックアップコイルがある点で、第3図の実施態様と異なっている。つまりピックアップコイル6, 7, 10および11は帯域2に関連する。しかしコイル10と11はコイル6と7に関して回転するので、コイル10と11の交点は、コイル6と7の交点に関してほぼ90°の周縁で置き代わっている。同様にピックアップコイル8, 9, 12および13は帯域3に関連する。しかしコイル8と9は、コイル12と13に関して回転するので、コイル8と9の交点は、コイル12と13の交点に関してほぼ90°の周縁で置き代わっている。互いの周縁90°の置き代わっている四つの領域の応力が、このように測定される。

形状の面に直角に作用するトルクにより発生する曲げ応力を測定する時には、コイル7と8は、コイル6と9の場合と同様に、位相を合わせて直列に接続され、二つのコイル系は対向して直列に接続されている。出力信号の結果は、したがって上述面の曲げモーメントにより発生する応力に一致する。形状面に作用する曲げモーメントにより発生する曲げ応力を測定するために、コイル10と13は、コイル11と12の場合と同様に位相を合わせて直列に接続され、二つのコイル系は対向して直列に接続されている。出力信号の結果は、上述面の曲げモーメントにより発生する曲げ応力に一致する。

ねじり応力を測定する時には、コイル6, 7, 10および11は、コイル8, 9, 12と13の場合と同様に、位相を合わせて直列に接続されている。したがって、出力信号の結果は、規模と方向に応じて、棒1のねじり応力に一致する。

軸方向応力を測定する時、コイルはすべて位相を合わせて直列に接続され、棒1に荷重がない状態ではある規模の信号が得られる。棒1が軸方向荷重にさらされると、その荷重が張力荷重もしくは圧縮荷重により、上述の信号は増大もしくは減少する。

余分のピックアップコイルを第3図(C)のように配置することにより、圧縮が得られ、荷重のない状態での出力信号はゼロになり、軸方向応力が測定される。

第4図の実施態様のコイルおよびコイル系の接続は、ここではさらに詳しく説明しなければ、図によっても示さない。しかし、第3図(A)から第3図(C)に詳細に説明されたように示されているように、接続はたいいて同じである。

第5図の実施態様では、曲げ応力測定するのに特に適している実施態様を示す。棒14は正方形の横断面を有し、条片4のある一つの帯域2を備えているものと想定する。条片4は前に説明した方法で固定されているが、この場合棒14の軸に直線的に伸張し、棒の四隅にそれぞれ対応して配置されている。ピックアップコイル6と7は、互いに直角になる面で、棒14の軸に対

して45°になる面に位置している。図の実施例では、さらに上述したピックアップコイルの対6と7に対して90°に回転しているコイル8と9が設けてある。

図の面に直角の軸方向面での曲げモーメントにより発生する曲げ応力を測定する時は、コイル6と7は対向して直列に接続され、棒の曲げ応力により出力信号が発生する。図の面での曲げモーメントにより発生する曲げ応力を測定する時は、コイル8と9は対向して直列に接続され、曲げ応力により出力信号が発生する。

軸方向応力を測定する時には、上述の図による実施態様で説明されている方法で、コイルはすべて位相を合わせて直列に接続される。

説明した実施態様から理解できるように、本発明により測定する棒の表面が伸張、もしくは圧縮する。例えば条片のある一つの帯域だけが使用される時は、応力がねじりモーメント、曲げモーメントもしくは軸方向力にかかわらず、応力を測定することができる。一つ以上のコイルに発生する信号は、伸張もしくは圧縮の規模を表す。

上述した図面の実施態様から理解できるように、二つの条片帯域を設けることと、本発明の提供するピックアップコイルを、三つの異なる接続形態で接続することにより、棒がさらされる応力を区別することが可能である。ねじり応力、曲げ応力および軸方向応力

は、こうして別々に測定することができる。

ピックアップコイルが異なる種類の応力を別々に測定するために相互接続されている原理は、以下の通りである。

曲げ応力を測定する時には、ピックアップコイルは接続され、直径方向に対向する条片により発生する信号は、負符号で互いに加算される。

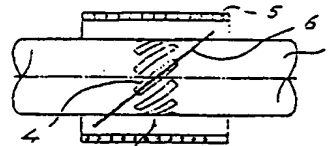
ねじり応力を測定する時には、コイルは接続され、一つの条片帯域の条片で発生する信号は、もう一つの条片帯域で発生する信号により減少する。

軸方向応力を測定する時には、信号はすべて両方の条片帯域の条片より互いに加算される。

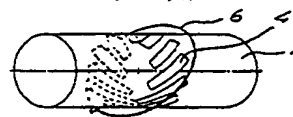
説明した実施例の実施態様では、アモルファスの条片が勾配角度のある棒1の表面に施してあり、勾配角度は45°が好ましい。ピックアップコイルは各コイルの磁気感度軸が、棒の軸に対しておよそ45°となるように配置してある。ピックアップコイルの通る面は、棒の軸に対しておよそ45°の角度を含む。条片が別の鋭角、例えば30°で棒に設置されると、程度は少ないが、本発明の基本的効果がある。ピックアップコイルの磁気感度軸が、棒の軸に対してそれぞれ正もしくは負の鋭角をなすように関連する条片帯域に対してコイルを配置する。鋭角は条片の勾配角度に対応する。つまり条片の勾配角度が30°であれば、±30°となる。コイルは棒の軸に対して±60°をなす面で伸張す

る。この種の実施態様により、装置を設置するスペースが狭く、強度を減少させることおよび信号を区別することが許容される場合には、装置の縦方向の寸法を減少することができ、このことは重要なことである。

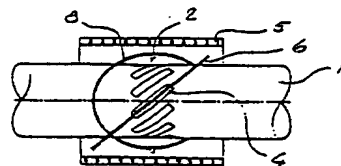
図面に示されている実施態様に対し、上述の発明は、この種の実施態様に限られず、以下の特許請求の範囲内で変更することが可能である。例えば、ピックアップコイルが励磁コイルを構成すれば、励磁コイル5は必要ないことも考えられる。さらに適用分野により、地磁界を使用することも可能であり、この場合もまた励磁コイルの必要がない。図面により説明した実施態様では、帯域は周辺方向に一様に分布しているアモルファス磁気弾性物質の条片を含む棒のまわりに設置され、その条片は45°の勾配で周辺表面に面定している。上記帯域の棒には、アモルファス磁気弾性物質の被覆が施してあり、その帯域には磁気双極子が、帯域の円周表面にそって勾配角度（好ましくは45°の勾配角度）で伸張する方向に配置してある。



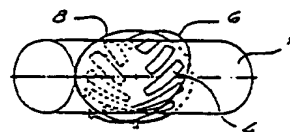
第1図



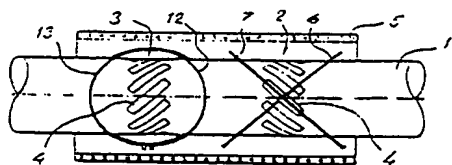
第1図 (A)



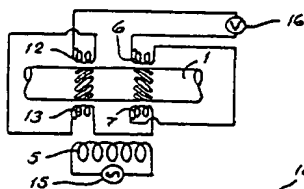
第2図



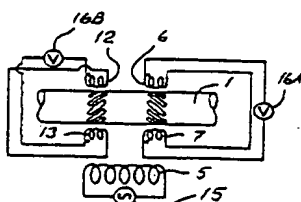
第2図 (A)



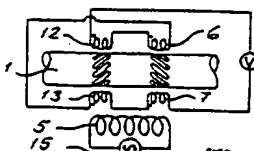
第3図



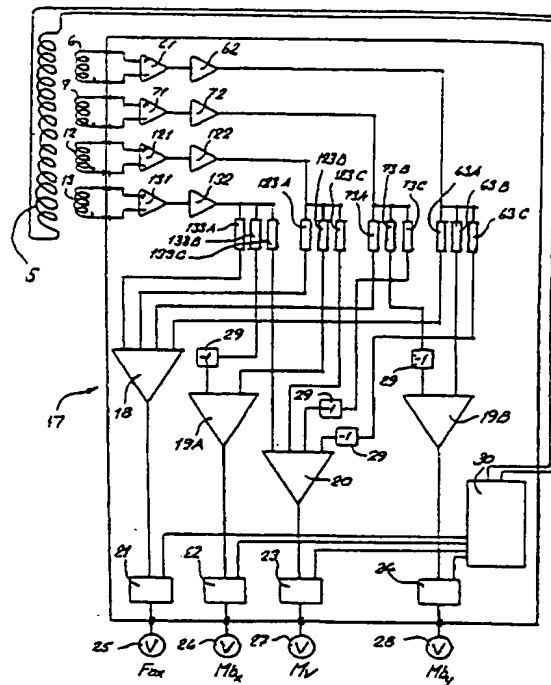
第3図 (A)



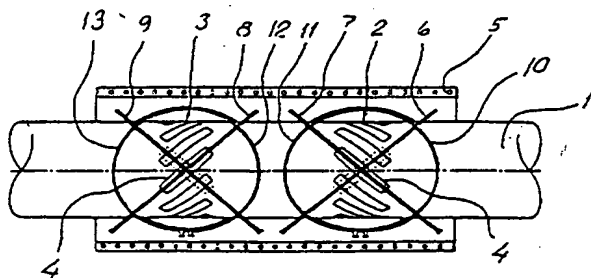
第 3 図 (B)



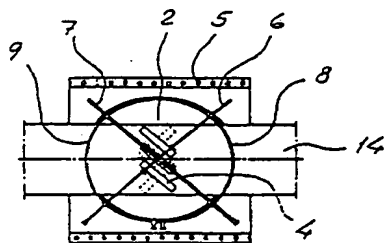
第3图 (C)



第 3 圖 (D)



第4図



第 5 図

[illegible]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.